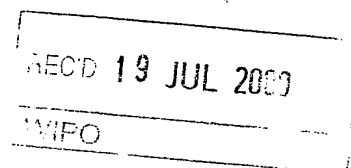


#2
PCT/DE 00 / 01399
10/009288
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DE 00 / 1399



EU



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 20 819.0

Anmeldetag: 6. Mai 1999

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Schätzung von
gedächtnisbehafteten Übertragungskanälen

IPC: H 04 L, H 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 7. Juli 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

98/0264

Verfahren und Vorrichtung zur Schätzung von gedächtnisbehafteten Übertragungskanälen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Schätzung von gedächtnisbehafteten Übertragungskanälen, wie sie beispielsweise bei zeitdiskreten Kommunikationssystemen, wie CDMA-Systemen (CDMA = Code Division Multiple Access), verwendet werden.

Bei der Übertragung von Daten über gedächtnisbehaftete Kanäle werden zeitlich getrennte Datenteile überlagert. Die resultierende Inter-Symbol-Interferenz der Daten läßt sich eliminieren, wenn die Pulsantwort des Übertragungskanals bekannt ist. Zur Bestimmung der Impulsantwort dienen sogenannte Kanalschätzer. Sie nutzen Informationen über das gesendete Signal oder die Form dieses Signals aus, um aus dem Empfangssignal Kanalkoeffizienten abzuleiten. Die verbreitetsten Kanalschätzer basieren auf einem "matched filter" zu einem vollständig bekannten Referenzsignal r mit optimalen Autokorrelationseigenschaften, d.h. $r*r \propto \delta$, wie dies beispielsweise aus K.D. Kammeyer: "Nachrichtenübertragung", 2. Aufl., Reihe Informationstechnik, Teubner, Stuttgart, 1996, hervorgeht. Nicht optimale Autokorrelationseigenschaften lassen sich linear korrigieren, allerdings führt additives Rauschen des zu schätzenden Übertragungskanals, wie dies beispielsweise bei CDMA-Systemen (CDMA = Code Division Multiple Access) inhärent ist, im allgemeinen zu Koeffizientenschätzungen, die über den tatsächlichen Werten liegen. Bekannt ist, diese ungenauen Koeffizientenschätzungen teilweise durch nichtlineare Nachbearbeitung zu korrigieren. So ist beispielsweise aus der Druckschrift Z. Kostic,

M.I. Sezan und E.L. Titlebaum: "Estimation of the Parameters of a Multipath Channel Using Set-Theoretic Deconvolution", IEEE Trans. Comm., Bd. 40 (1992), 1006 - 1011, ein derartiges Verfahren bekannt, das unter dem Begriff POCS-Verfahren oder POCS-Algorithmus (POCS = Projection Onto Convex Sets) geläufig ist. Ferner ist in diesem Zusammenhang noch auf den bekannten MMSE-Algorithmus (MMSE = Minimum Mean Square Error) zu verweisen, der beispielsweise in der oben erwähnten Monographie K.D.Kammeyer "Nachrichtenübertragung" beschrieben ist.

Nachteilig bei den heute bekannten Korrekturen von additiven Störungen bei der Schätzung von gedächtnisbehafteten Übertragungskanälen ist es jedoch, daß die Verfahren für verschiedenen starke Störungen verschieden gute Korrekturergebnisse liefern. Ferner korrigieren Schwellwertoperationen Koeffizientenwerte in der Nähe des Schwellwertes diskontinuierlich, was zu unnötig schlechten Korrekturen führt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Schätzung von gedächtnisbehafteten Übertragungskanälen zu schaffen, die eine bessere Schätzung der Kanäle liefert, wobei die Schätzgüte möglichst wenig von den additiven Störungen des Übertragungskanals abhängen soll.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie die Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schätzen gedächtnisbehafteter Übertragungskanäle, das die folgenden Schritte aufweist:

- (a) Bestimmen einer ersten Schätzung \hat{h} des Übertragungskanals;

- (b) Schätzung der additiven Störungen des Übertragungskanal;
und
- (c) Korrektur der ersten Kanalschätzung des Schritts (a) unter Berücksichtigung der Schätzung der additiven Störungen des Schritts (b).

Vorzugsweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die erste Kanalschätzung \hat{h} des Schritts (a) durch einen "matched filter" oder eine Least-Squares-Schätzung durchgeführt.

Weiterhin umfaßt die erfindungsgemäße Vorrichtung einen Kanalschätzer und einen Schätzer der additiven Störungen, mit denen das Empfangssignal beaufschlagt wurde, und weist weiter eine Kanalschätzungskorrektur auf, die das Signal des Kanalschätzers unter Bezugnahme des Ausgangssignals des Schätzers der additiven Störungen korrigiert.

Vorteilhafterweise liefert das Verfahren bessere Schätzungen als andere Verfahren. Die Schätzungen sind relativ unabhängig von der Stärke additiver Störungen. Kleine Kanalkoeffizienten werden genauer als bei üblichen Schwellwertkorrekturen geschätzt. Dadurch können auch nicht-Nyquist-Impuls-geformte Signale durch die Verwendung des neuen Verfahrens besser entzerrt werden.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein Blockschema der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Schätzung von gedächtnisbehafteten Übertragungskanälen, und

Fig. 2 zeigt die Struktur eines Kanalschätzers.

Fig. 1 zeigt einen Kanalschätzer 1 sowie einen parallelen dazu angeordneten Störungsschätzer 2, die beide mit einem Empfangssignal 4 beaufschlagt werden, und einen Kanalschätzungs-korrigierer 3, der das Signal des Kanalschätzers 1 unter Zuhilfenahme des Ausgangssignales des Störungsschätzers 2 korrigiert und die Kanalschätzung 5 ausgibt.

Zur näheren Erläuterung der Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung sei ein zeitdiskretes Kommunikationssystem gegeben, das zur Kanalschätzung ein Referenzsignal $\underline{r} = (r_1, \dots, r_L)$ versendet. Optional kann gleichzeitig ein Datensignal $\underline{s} = (s_1, \dots, s_L)$ gesendet werden, dessen Kreuzkorrelation mit dem Referenzsignal \underline{r} verschwindet. Dieser Fall entspricht CDMA-Systemen, die gleichzeitig Referenz- und Dateninformationen mit orthogonalen CDMA-Codes übertragen. Die Leistung P_s des Datensignales \underline{s} sei das f -fache der Leistung P_r des Referenzsignals \underline{r} , also $P_s = f \cdot P_r$. Dabei entspricht der Zustand $f = 0$ Systemen, die Referenz- und Datensignale zeitlich getrennt versenden. Das Sendesignal werde über einen statischen Mehrwegekanal mit der Impulsantwort $\underline{h} = (h_1, \dots, h_W)$, wobei W die Anzahl der Chips ist, und additivem Gaußschen Rauschen \underline{n} übertragen, so daß sich das folgende Empfangssignal ergibt:

$$\underline{e} = (\underline{r} + \underline{s}) * \underline{h} + \underline{n} .$$

Dann ist $N = L - W + 1$ die Länge des Empfangssignalteils $\underline{e}_{ref} = (e_{refstart}, \dots, e_{restart+N-1})$, der nicht durch vor oder nach dem Referenzsignal gesendete Daten beeinflusst wird. Weiterhin sei $E = \|\underline{e}_{ref}\|^2$ die gesamte empfangene Energie des Empfangssignals, das durch das Referenzsignal beeinflusst wurde. Entsprechend der Vorrichtung werden die Kanalkoeffizienten h_k , $k \in \{1, \dots, W\}$ der Impulsantwort \underline{h} zunächst durch das dem Emp-

fangssignal \underline{r} entsprechende "matched filter" \underline{r}^*_{-k} geschätzt zu $\hat{\underline{h}}$:

$$\hat{\underline{h}} = \frac{1}{\gamma} \cdot \underline{G}^{*T} \cdot \underline{e}_{\text{ref}} ,$$

wobei gilt:

$$\underline{G} = \begin{pmatrix} r_W & r_{W-1} & \dots & r_1 \\ r_{W+1} & r_W & & r_2 \\ . & . & & . \\ r_{W+N-1} & r_{W+N-2} & \dots & r_N \end{pmatrix}$$

sowie

$$\gamma = \frac{N}{L} \cdot \|\underline{r}\|^2 .$$

Die Struktur dieses Schätzers ist in Fig. 2 dargestellt.

Anschließend wird die Stärke σ^2 der additiven Störungen mit der folgenden Gleichung geschätzt zu:

$$\sigma^2 = \theta (E - (1+f)) \cdot \gamma \cdot \|\hat{\underline{h}}\|^2 / (N - (1+f))$$

Dabei wurde die folgende Definition getroffen:

$$\theta(x) = \begin{cases} x, & \text{falls } x > 0 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Anschließend werden die geschätzten Kanalkoeffizienten \hat{h}_k , $k \in \{1, \dots, W\}$, der geschätzten Impulsantwort $\underline{\hat{h}}$ mit der folgenden Formel korrigiert:

$$\hat{h}_k = \sqrt{\theta (\hat{h}_k^2 - \sigma^2 / \gamma)} \cdot \frac{\hat{h}_k}{|\hat{h}_k|}, \text{ falls } \hat{h}_k \neq 0, \text{ und}$$
$$\hat{h}_k = 0 \text{ sonst.}$$

Fig. 2 zeigt das Rechenschema des oben beschriebenen Kanalschätzers mit einer "matched filter"-Struktur. Da das Schema im vorangegangenen bereits erläutert wurde und Fig. 2 in wesentlichen selbsterklärend ist, kann die Beschreibung der Fig. 2 unterbleiben.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schätzen eines gedächtnisbehafteten Übertragungskanal, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren die folgenden Schritte aufweist.

(a) Bestimmen einer ersten Schätzung \hat{h} der Impulsantwort des Übertragungskanals;

(b) Schätzung der additiven Störungen des Übertragungskanals; und

(c) Korrektur der ersten Kanalschätzung des Schritts (a) unter Berücksichtigung der Schätzung der additiven Störungen des Schritts (b).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Kanalschätzung \hat{h} des Schritts (a) durch einen "matched filter" durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der "matched filter" gegeben ist durch:

$$\hat{h} = \frac{1}{\gamma} \cdot G^{*T} \cdot \underline{e}_{ref} ,$$

wobei gilt:

$$G = \begin{pmatrix} r_W & r_{W-1} & \dots & r_1 \\ r_{W+1} & r_W & & r_2 \\ . & . & & . \\ r_{W+N-1} & r_{W+N-2} & \dots & r_N \end{pmatrix}$$

sowie

$$\gamma = \frac{N}{L} \cdot \|\underline{r}\|^2 ,$$

wobei $\underline{r} = (r_1, \dots, r_L)$ ein zur Kanalschätzung verwendetes Referenzsignal und $\underline{e}_{ref} = (e_{refstart}, \dots, e_{refstart+N-1})$ der Empfangssignalteil ist, der nicht durch die vor und nach dem Referenzsignal gesendeten Daten beeinflusst wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Kanalschätzung des Schritts (a) durch eine Least-Squares-Schätzung gegeben ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Least-Squares-Schätzung gegeben ist durch:

$$\hat{\underline{h}} = (\underline{G}^{*T} \cdot \underline{G})^{-1} \cdot \underline{G}^{*T} \cdot \underline{e}_{ref}$$

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Störungsschätzung in Schritt (b) gegeben ist durch

$$\sigma^2 = \theta (E - (1+f)) \cdot \gamma \left(\|\hat{\underline{h}}\|^2 \right) / (N - (1+f))$$

mit

$$\theta(x) = \begin{cases} x, & \text{falls } x > 0 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases} .$$

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanalschätzungskorrektur \hat{h}_k der k -ten Komponente, $k \in \{1, \dots, W\}$, des Schätzvektors $\hat{\underline{h}}$ der Kanalimpulsantwort \underline{h} des Schritts (c) gegeben ist durch

$$\hat{h}_k = \begin{cases} 0, & \text{falls } h_k^2 < \sigma^2 / \gamma \\ h_k & \text{sonst} \end{cases}$$

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanalschätzungskorrektur \hat{h}_k der k -ten Komponente, $k \in \{1, \dots, W\}$, des Schätzvektors $\hat{\underline{h}}$ der Kanalimpulsantwort \underline{h} des Schritts (c) gegeben ist durch

$$\hat{h}_k = \sqrt{\theta (\hat{h}_k^2 - \sigma^2 / \gamma)} \cdot \frac{\hat{h}_k}{|\hat{h}_k|}, \text{ falls } \hat{h}_k \neq 0, \text{ und}$$

$$\hat{h}_k = 0 \text{ sonst.}$$

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanalschätzungskorrektur aus Schritt (c) durch den POCS-Algorithmus gegeben ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanalschätzungskorrektur des Schritts (c) durch den MMSE-Algorithmus gegeben ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der MMSE-Algorithmus gegeben ist durch

$$\underline{\hat{h}} = (\underline{G}^{*T} \cdot \underline{G} + \sigma^2 \cdot \underline{I})^{-1} \cdot \underline{G}^{*T} \cdot \underline{e}_{\text{ref}}$$

wobei I die Einheitsmatrix ist.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung einen Kanalschätzer (1) und einen Schätzer der additiven Störungen (2) umfaßt, mit denen das Empfangssignal beaufschlagt ist, und weiter einen Kanalschätzungskorrigierer (3) aufweist, der das Signal des Kanalschätzers (1) unter Bezugnahme des Ausgangssignals des Schätzers der additiven Störungen (2) korrigiert.

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Schätzung von gedächtnisbehafteten Übertragungskanälen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schätzen gedächtnisbehafteter Übertragungskanäle, das die folgenden Schritte aufweist:

- (a) Bestimmen einer ersten Schätzung \hat{h} der Impulsantwort des Übertragungskanals;
- (b) Schätzung der additiven Störungen des Übertragungskanals;
und
- (c) Korrektur der ersten Kanalschätzung des Schritts (a) unter Berücksichtigung der Schätzung der additiven Störungen des Schritts (b).

[Fig. 1]

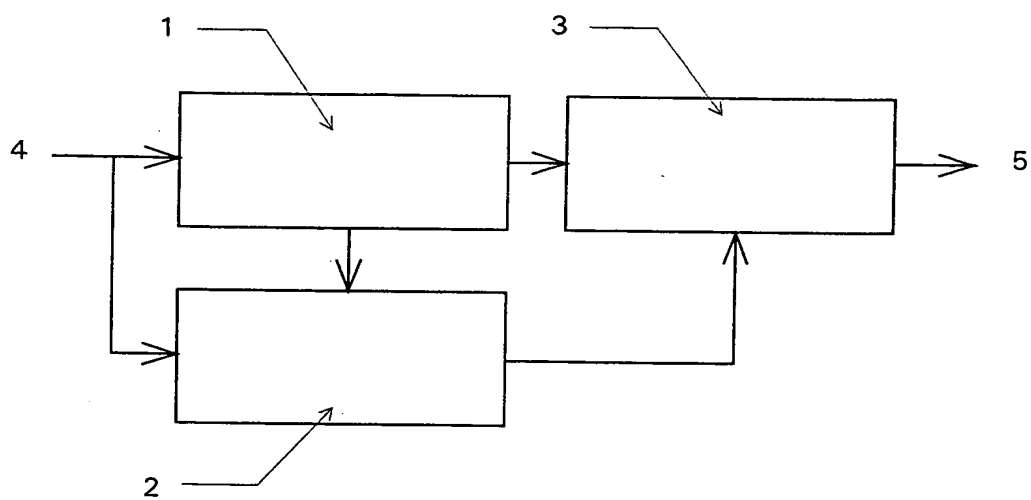


Fig.1

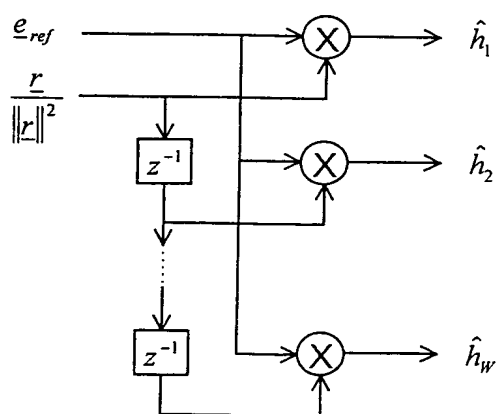


Fig.2

This Page Blank (uspto)